

Helsinki 7.9.2004

ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT

REC'D 01 OCT 2004

WIPO

PCT



Hakija
Applicant

Elekta Neuromag Oy
Helsinki

Patenttihakemus nro
Patent application no

20031394

Tekemispäivä
Filing date

26.09.2003

Kansainvälinen luokka
International class

G01R

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Menetelmä monikanavaisen mittaussignaalin käyttämiseksi
lähdemallinnuksessa"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.


Pirjo Kalla
Tutkimussihteeri

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Best Available Copy

MENETELMÄ MONIKANAVAISEN MITTAUSSIGNAALIN KÄYTTÄMISEKSI LÄHDEMALLINNUKSESSA

KEKSINNÖN ALA

- 5 Esillä oleva keksintö liittyy uuteen ja kehittyneeseen menetelmään monikanavaisen mittaussignaalin käyttämiseksi lähdemallinnuksessa. Erityisesti esillä oleva keksintö koskee uutta tapaa muuntaa pyörteetöntä ja lähteetöntä vektorikenttää mittaavalla monikanavaisella mittalaitteella mitatut mittaussignaalit lähdemallinnuksen kannalta optimaaliseen muotoon.

KEKSINNÖN TAUSTA

- 15 Tutkittavan kohteen sähköistä toimintaa voidaan tarkastella esimerkiksi mittaamalla kohteen sähkövirtojen tuottamaa magneettikenttää kohteen ulkopuolelle sijoitetuilla antureilla. Näin saadun lähdejakauman mallintaminen mitattujen signaalien perusteella on kuitenkin hyvin hankalaa, koska jokaisen magneettikenttäjakauman tuottajana voi olla monta erilaista lähdejakaumaa. Toisin sanoen lähdejakaumaa ei voida ratkaista yksikäsitteisesti mitattujen signaalien perusteella, joten ongelman ratkaisemiseksi joudutaan asettamaan erilaisia rajoitusehtoja, kuten joku etukäteistietoon perustuva parametrinen malli virralle tai parametrisoimaton normirajoitus.

- 25 Jatkuvan virtajakauman parametrisoimattomaan mallintamiseen käytetään tavallisesti miniminormiestimateja, joissa monikanavaisella mittalaitteella mitattu signaali pyritään selittämään virtajakaumalla, jonka normi on mahdollisimman pieni. Normiksi valitaan tavallisesti L1- tai L2-normi, joista edellinen on virtaele-

menttien pituuksien summa yli valitun tilavuuden ja jälkimmäinen on virtaelementtien pituuksien neliöiden summa yli valitun tilavuuden. Miniminormiestimaattien laskentaa on kuvattu mm. julkaisuissa "Interpreting magnetic fields of the brain: minimum norm estimates", M.S. Hämäläinen et al, Medical & Biological Engineering & Computing, Vol. 32, pp. 35-42, 1994 sekä "Visualization of magnetoencephalographic data using minimum current estimates", Uutela K. et al, NeuroImage, Vol. 10, pp. 173-180, 1999.

Perinteisten miniminormiestimaattien luontaisia ongelmia ovat laskennan raskaus ja kohinaherkkyys. Esimerkiksi L2-normin tapauksessa tarvitaan käänteismatriisi matriisista G , jonka alkio (i,j) sisältää i :n ja j :n mitta-anturin kytkentäkenttien sisätulon, joten nämä sisätulot joudutaan laskemaan kaikille anturipareille. Kytkentäkenttä määritellään siten, että anturin mittaama signaali on virtajakauman projektio kyseisen anturin kytkentäkentälle. Kohinaongelmat johtuvat siitä, että antureille laskettu matriisi G on häiriöaltis, joten sen käänteismatriisin laskennassa tarvitaan käytännön tilanteissa regularisointia.

Regularisointimenetelmät, esimerkiksi singulaariarvohajotelman katkaisuregularisointi, ovat yleensä epäintuitiivisia, ja usein välttämättä tapauskohtaisesti ratkaistavia. Vääränlainen regularisointi saattaa johtaa täysin virheelliseen mallinnustulokseen.

Näin ollen ongelmana lähdemallinnuksessa nykyisellään on edelleen laskennan raskaus ja hitaus, mahdolliset kohinan aiheuttamat virheet sekä laskennan tapauskohtaisuus regularisoinnista johtuen. Edelleen, kuten yllä on mainittu, regularisointi voi aiheuttaa merkittävästi virhettä lopulliseen laskentatulokseen.

KEKSINNÖN TARKOITUS

Keksinnön tarkoituksena on poistaa edellä mainitut epäkohdat tai ainakin merkittävästi lieventää niitä. Erityisesti keksinnön tarkoituksena on tuoda esiin uudentyyppinen menetelmä, jolla voidaan merkittävästi keventää ja nopeuttaa jatkuvan virtajakauman mallinnukseen liittyvää laskentaa sekä vähentää kohinaongelmia.

Esillä olevan keksinnön tunnusomaisten piirteiden osalta viitataan patenttivaatimuksiin.

KEKSINNÖN KUVAUS

Esillä oleva keksintö liittyy uudenlaiseen tapaan määrittää tutkittavan kohteen jatkuva virtajakauma käyttäen mitatuista signaaleista laskettuja signaaliavaruuden kantavektorikomponentteja. Kyseiset komponentit on valittu siten, että ne kuvaavat tarkasteltavan virtajakauman mahdollisimman riippumattomia piirteitä, mikä tehostaa ja tarkentaa laskentaa huomattavasti.

Keksinnön perusidea on se, että koska tavanomaisella anturistolla anturikenttien sisätulojen lasku on raskasta ja hankalaa, kannattaa käyttää käyttä erikoista anturistoa, jolla kytkentäkentät ovat ortogonaalisia ja mielellään analyttisesti laskettavissa. Tämä voidaan periaatteessa toteuttaa sopivalla fysikaalisella anturistolla. Koska sopiva fysikaalinen anturisto on kuitenkin usein hankala valmistaa on useimmissa tapauksissa edullisempaa käyttää tavanomaisesta sensoristosta laskennallisesti muodostettuja virtuaalisensoreja, eli mittaussignaaleja muunnetaan toisiksi sopivalla muunnoksella siten, että ne vastaavat signaaleja jotka virtuaalinen mittaustilaite olisi mitannut. Samalla voidaan tarvittaessa poistaa ulkoisiin häiriöihin liittyvät signaalit. Tämä muunnos on kuvattu esimerkiksi patenttihakel-

muksessa FI20030392, joka liitetään tähän viittauksella. Muunnoksen jälkeen lähdemallinnus suoritetaan optimaalisella tavalla käyttäen signaaliavaruuden kantavektori-komponentteja varsinaisten mittaussignaalien sijaan.

5 Eräs keksinnön oleellinen piirre on se, että muunnoksen jälkeen lähdemallia ei enää tarvitse regularisoida.

Esillä olevan keksinnön kohteena on siis menetelmä kohteen virtajakauman määrittämiseksi mittaamalla magneettikenttiä kohteen läheisyydessä monikanavaisella mittalaitteella. Edullisesti kutakin kanavaa vastaa ainakin yksi mittausanturi ja kohdetta approksimoidaan pallosymmetrisellä johteella. Kohde voi olla esimerkiksi ihmisen pää.

10

Keksinnön mukaisesti muunnetaan monikanavainen mittaussignaali vastaten kutakin mittausanturia ennalta määrätyn virtuaalianturiston signaaleiksi ja määritetään tutkittavan kohteen virtajakauma syvyydellä r ennalta valitussa ortonormaalissa funktiokannassa virtuaalianturiston signaaleista. Tällöin virtajakauman estimointi on nopeaa ja robustia. Edelleen virtuaalianturistoa vastaavan signaalijoukon aikaansaamiseksi lasketaan monikanavaisesta mittaussignaalista multipoolikehitelmä. Multipoolikehitelmä voidaan laskea kahdella tavalla: ottamalla huomioon tutkittavan kohteen ulkopuoliset magneettikentät tai huomioimatta niitä.

15

20

25

Edullisesti valitaan ortonormaaliksi funktiokannaksi muotoa

$$\vec{J}(\vec{r}) = \sum_{l=0}^L \sum_{m=-l}^l c_{lm} \vec{f}(r) \vec{X}_{lm}(\theta, \varphi) \text{ oleva kanta,}$$

30

missä $f(r)$ on vapaasti valittava radiaalinen funktio ja $\vec{X}_{lm}(\theta, \varphi)$ on ns. vektoripalloharmoninen. Tällöin voidaan sijoittaa funktiokanta virtajakaumayhtälöön ja

ratkaistaan virtajakauman kertoimet analyytteisesti yhtälöstä

$$c_{lm} = \gamma_l M_{lm} \left[\int_0^R r' f(r) dr \right]^{-1},$$

5 missä γ_l on kertalukuun l liittyvä vakio ja R on tarkasteltavan pallon säde. Edullisesti funktiolla $f(r)$ säädetään virtajakaumamallin syvyyspainotusta.

Lisäksi keksinnön kohteena on mittauslaite kohteen virtajakauman määrittämiseksi mittaamalla magneetikenttiä kohteen läheisyydessä. Mittauslaitteeseen kuuluu joukko pyörteetöntä ja lähteetöntä vektorikenttää mittaavia mittauskanavia, jolloin kutakin kanavaa vastaa ainakin yksi mittausanturi, ja käsittelyvälineet mittaus-

10 ussignaalin käsittelemiseksi. Edullisesti kohdetta approksimoidaan pallosymmetrisellä johteella.

Keksinnön mukaisesti käsittelyvälineisiin kuuluu muuntomoduuli monikanavaisen mittaussignaalin vastaten kutakin mittausanturia muuntamiseksi ennalta määrätyn virtuaalianturiston signaaleiksi, ja laskentavälineet

20 tutkittavan kohteen virtajakauman määrittämiseksi tai laskemiseksi syvyydellä r ennalta valitussa ortonormaalisissa funktiokannassa virtuaalianturiston signaaleista. Eräässä sovelluksessa laskentavälineet on järjestetty laskemaan monikanavaisesta mittaussignaalista multipooli-

25 kehitelmä.

Keksinnön ansiosta jatkuvan virtajakauman mallinnukseen liittyvää laskentaa voidaan merkittävästi keventää ja nopeuttaa. Lisäksi keksinnön ansiosta voidaan vähentää kohinaongelmia. Edelleen keksintö yksinkertaistaa lähdemallin regularisoinnin tai poistaa sen tarpeen,

30 ja siten myös merkittävästi vähentää virhemahdollisuutta.

KUVALUETTELO

Seuraavassa keksintöä selostetaan yksityiskohtaisten esimerkkien avulla viittaamalla oheiseen piirustukseen, jossa

5 Kuvio 1 esittää erästä esillä olevan keksinnön mukaista mittauslaitetta; ja

Kuvio 2 esittää vuokaaviota eräästä esillä olevan keksinnön mukaisesta menetelmästä.

10 KEKSINNÖN YKSITYISKOHTAINEN SELOSTUS

Kuviossa 1 esitetään eräs esillä olevan keksinnön mukainen mittauslaite, johon kuuluu joukko pyörteetöntä ja lähteetöntä vektorikenttää mittaavia mittauskanavia $1^1, 1^2, \dots, 1^5$, jolloin kutakin kanavaa vastaa ainakin
 15 yksi mittausanturi $2^1, 2^2, \dots, 2^5$ ja käsittelyvälineet 3 mittaussignaalin käsittelemiseksi. Edullisesti käsittelyvälineet on toteutettu tietokoneella. Edelleen käsittelyvälineisiin kuuluu muuntomoduuli 4 monikanavaisen mittaussignaalin vastaten kutakin mittausanturia muuntamiseksi ennalta määrätyn virtuaalianturiston signaaleiksi
 20 ja laskentavälineet 5 tutkittavan kohteen virtajakauman määrittämiseksi.

Edelleen kuviossa 1 on esitetty tutkittava kohde K, jonka läheisyyteen mittausanturit $2^1, 2^2, \dots, 2^5$ on
 25 järjestetty. Tutkittavan kohteen sisällä on esitetty virtasilmukka, joka kuvaa mitattavan magneettikentän lähdettä. Tutkittava kohde voi olla ihmisen pää ja virtalähteitä voi olla useita.

Kuviossa 2 esitetään esillä olevan keksinnön erään edullisen sovelluksen päävaiheet. Ensin anturistolla mitataan monikanavainen mittaussignaali, vaihe 21. Sen jälkeen signaali muunnetaan vastaamaan ns. virtuaalianturistolla mitattua signaalia, vaihe 22, jolloin ma-

temaattiset operaatiot saadaan yksinkertaisemmiksi. Lopuksi virtuaalianturiston signaalista voidaan yksinkertaisesti laskea virtajakauma kohteessa, vaihe 23, eli käytännössä kuvata virtasilmukoiden paikat ja voimakkuudet pallon tai pään sisällä.

Seuraavassa kuvataan keksinnön matemaattinen tausta ja peruste. Kun magneettikentät muunnetaan Laplaceen yhtälön perusratkaisuun $r^{-(l+1)}Y_{lm}(\theta, \varphi)$ liittyviksi kertoimiksi $M_{lm} = a_{lm} + ib_{lm}$, missä i on imaginaariyksikkö, voidaan ne lausua virtajakauman $\vec{J}(\vec{r})$ avulla pallokoordinaateissa (r, θ, φ) , jolloin ne ovat muotoa

$$M_{lm} = \gamma_l \int_V r^l \bar{X}_{lm}(\theta, \varphi) \cdot \vec{J}(\vec{r}) dV \quad (1),$$

missä integrointi suoritetaan yli tutkittavan tilavuuden, γ_l on kertalukuun l liittyvä vakio ja $\bar{X}_{lm}(\theta, \varphi)$ on ns. vektoripalloharmoninen.

Tämä muoto käy ilmi esim. julkaisusta "Multipole expansions of electromagnetic fields using Debye potentials", C. G. Gray, American Journal of Physics, Vol. 46, pp. 169-179, 1978. Edellä mainittu lauseke on kytkentäkenttämukotoa, jossa multipoolikertoimen M_{lm} kytkentäkenttä on muotoa

$$\vec{L}_{lm}(\vec{r}) = r^l \bar{X}_{lm}(\theta, \varphi) \quad (2).$$

Toisaalta vektoripalloharmoniset muodostavat syvyydellä r ortonormaalin kannan, joten kyseisellä syvyydellä virtajakauma voidaan esittää kyseisessä funktiokannassa:

$$\vec{J}(\vec{r}) = \sum_{l=0}^L \sum_{m=-l}^l c_{lm} f(r) \bar{X}_{lm}(\theta, \varphi) \quad (3),$$

missä $f(r)$ on joku radiaalinen funktio.

Kun tarkasteltavaksi tilavuudeksi valitaan pallo-
 5 tilavuus, niin sijoittamalla edellinen lauseke yhtälöön (1) virtajakauman kertoimet voidaan ratkaista analyttisesti:

$$c_{lm} = \hat{\gamma}_l M_{lm} \left[\int_0^R r' f(r) dr \right]^{-1} \quad (4),$$

10 missä $\hat{\gamma}_l$ on kertalukuun l liittyvä vakio ja R on tarkasteltavan pallon säde. Edellinen yhtälö (4) osoittaa, että ortonormaalissa kannassa esitetyn virtajakaumamallin kertoimet saadaan ratkaistua kertoimista M_{lm} täysin triviaalilla tavalla analyttisin lausekkein ilman minkäänlaista regularisointia. Tämä on laskennallisesti erittäin nopeaa ja numeerisesti stabiilia. Funktio
 15 $f(r)$ on vapaasti valittavissa ja sillä voidaan säädellä virtajakaumamallin syvyyspainotusta.

Todettakoon vielä, että kantafunktioina pallo-
 20 maisen johteen tapauksessa voi käyttää muitakin ortogonaalista kantaa tai kantaa, jossa sisätulot ovat muutoin nopeasti laskettavissa. Tällaisen saa esimerkiksi rikkomalla ortogonaalisuuden tunnetulla tavalla hiukan tai käyttämällä kantaa, joka ei ole ortogonaali, mutta jonka
 25 sisätulot ovat ennalta laskettavissa.

Keksintöä ei rajata pelkästään edellä esitettyjä sovellusesimerkkejä koskevaksi, vaan monet muunnokset ovat mahdollisia pysyttäessä patenttivaatimusten määrittelemän keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.

PATENTTIVAATIMUKSET

1. Menetelmä kohteen virtajakauman määrittämiseksi mittaamalla magneettikenttiä kohteen läheisyydessä pyörteetöntä ja lähteetöntä vektorikenttää mittaavalla monikanavaisella mittalaitteella, jolloin kutakin kana-

vaa vastaa ainakin yksi mittausanturi, tunnettu siitä, että muunnetaan monikanavainen mittaussignaali vastaten kutakin mittausanturia ennalta määrätyn virtuaalianturiston signaaleiksi, ja

määritetään tutkittavan kohteen virtajakauma ennalta valitussa tehokkaasti laskettavassa funktiokannassa virtuaalianturiston signaaleista.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että kohdetta approksimoidaan pallosymmetrisellä johteella ja lasketaan monikanavaisesta mittaussignaalista kentän multipoolikehitelmä.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että lasketaan multipoolikehitelmä ottamalla huomioon tutkittavan kohteen ulkopuoliset magneettikentät:

4. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että lasketaan multipoolikehitelmä huomioimatta tutkittavan kohteen ulkopuolisia magneettikenttiä.

5. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että ulkopuoliset häiriöt poistetaan jollakin muulla tunnetulla häiriöidenpoistomenetelmällä ennen muunnosta.

6. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että valitaan ortonormaaliksi funktiokannaksi virtajakaumayhtälö muotoa

$$\vec{J}(\vec{r}) = \sum_{l=0}^L \sum_{m=-l}^l c_{lm} f(r) \vec{X}lm(\theta, \varphi),$$

missä $f(r)$ on vapaasti valittava radiaalinen funktio ja $\bar{X}lm(\theta, \varphi)$ on ns. vektoripalloharmoninen.

7. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että

5 sijoitetaan ortonormaali funktiokanta virtajakaumayhtälöön, ja

ratkaistaan virtajakauman kertoimet analyytisesti yhtälöstä

$$c_{lm} = \gamma_l M_{lm} \left[\int_0^R r^l f(r) dr \right]^{-1},$$

10 missä γ_l on kertalukuun l liittyvä vakio ja R on tarkasteltavan pallon säde ja $\bar{X}lm(\theta, \varphi)$ on ns. vektoripalloharmoninen.

8. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että säädetään funktiolla $f(r)$ virtajakaumamallin syvyyspainotusta.

9. Mittauslaite kohteen virtajakauman määrittämiseksi mittaamalla magneettikenttiä kohteen läheisyydessä, johon mittauslaitteeseen kuuluu

20 joukko pyörteetöntä ja lähteetöntä vektorikenttää mittaavia mittauskanavia $(1; 1^1, 1^2, \dots, 1^n)$, jolloin kutakin kanavaa vastaa ainakin yksi mittausanturi $(2; 2^1, 2^2, \dots, 2^n)$, ja

25 käsittelyvälineet (3) mittaussignaalin käsittelemiseksi ja jossa kohdetta approksimoidaan pallosymmetrisellä johteella, tunnettu siitä, että

käsittelyvälineisiin kuuluu muuntomoduuli (4) monikanavaisen mittaussignaalin vastaten kutakin mittausanturia muuntamiseksi ennalta määrätyn virtuaalianturiston signaaleiksi, ja

30 laskentavälineet (5) tutkittavan kohteen virtajakauman määrittämiseksi syvyydellä r ennalta valitussa

ortonormaalissa funktiokannassa virtuaalianturiston signaaleista.

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen mittauslaite, tunnettu siitä, että laskentavälineet (5) on järjestetty laskemaan monikanavaisesta mittaussignaalista multipoolikehitelmä.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen mittauslaite, tunnettu siitä, että lasketaan multipoolikehitelmä ottamalla huomioon tutkittavan kohteen ulkopuoliset magneettikentät.

12. Patenttivaatimuksen 10 mukainen mittauslaite, tunnettu siitä, että lasketaan multipoolikehitelmä huomioimatta tutkittavan kohteen ulkopuolisia magneettikenttiä.

13. Patenttivaatimuksen 10 mukainen mittauslaite, tunnettu siitä, että valitaan ortonormaaliksi funktiokannaksi virtajakaumayhtälö muotoa

$$\vec{J}(\vec{r}) = \sum_{l=0}^L \sum_{m=-l}^l c_{lm} f(r) \vec{X}_{lm}(\theta, \varphi),$$

missä $f(r)$ on vapaasti valittava radiaalinen funktio.

14. Patenttivaatimuksen 12 mukainen mittauslaite, tunnettu siitä, että

sijoitetaan ortonormaali funktiokanta virtajakaumayhtälöön, ja

ratkaistaan virtajakauman kertoimet analyytisesti yhtälöstä

$$c_{lm} = \gamma_l M_{lm} \left[\int_0^R r^l f(r) dr \right]^{-1},$$

missä γ_l on kertalukuun l liittyvä vakio ja R on tarkasteltavan pallon säde.

15. Patenttivaatimuksen 13 mukainen mittauslaite, tunnettu siitä, että säädetään funktiolla $f(r)$ virtajakaumamallin syvyyspainotusta.

16. Vaatimuksen 9 mukainen mittalaite ja analyysiohjelmisto, missä mittalaite muuntaa signaalit virtuaalisensoristoon ennen niiden tallennusta, ja analyysiohjelmisto muuntaa tallennetun datan virtajakaumaksi.

TIIVISTELMÄ

Keksinnön kohteena on menetelmä tulkita tutkittavan kohteen jatkuva virtajakauma käyttäen mitatuista signaaleista laskettuja kantavektorikomponentteja. Kyseiset komponentit on valittu siten, että ne kuvaavat tarkasteltavan virtajakauman mahdollisimman riippumattomia piirteitä, mikä tehostaa ja tarkentaa laskentaa huomattavasti. Tämä aikaansaadaan muuntamalla mitatut signaalit virtajakauman kannalta luonnollisempaan muotoon ja poistaen samalla ulkoisiin häiriöihin liittyvät signaalit kokonaan. Tällainen muunnos on kuvattu esimerkiksi patenttihakemuksessa FI20030392. Muunnoksen jälkeen lähdemallinnus suoritetaan optimaalisella tavalla käyttäen signaaliavaruuden kantavektorikomponentteja varsinaisten mittaussignaalien sijaan. Eräs keksinnön oleellinen piirre on se, että muunnoksen jälkeen lähdemallia ei enää tarvitse regularisoida.

(Fig 1)

L 4

1

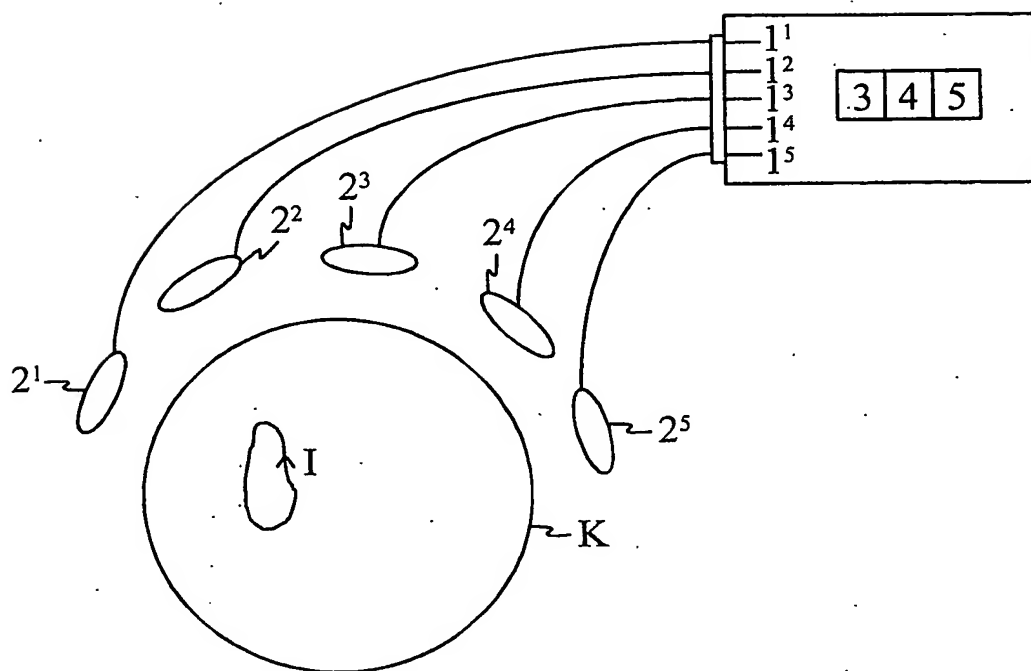


Fig. 1

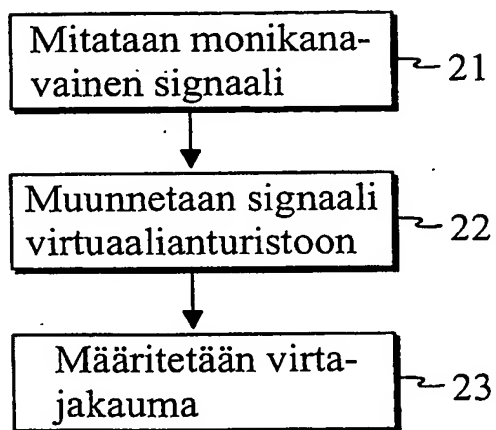


Fig. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.